

## УПРАВЛЕНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИМИ УСТРОЙСТВАМИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ С БЫСТРЫМИ И МЕДЛЕННЫМИ ПЕРЕМЕННЫМИ

Р. Ф. Фахриев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)" (г. Самара, Московское шоссе 34, 443086),  
radik115@gmail.com

Работа посвящена построению законов управления для манипулятора, исследованию переходных процессов для полученных законов управления, а также рассмотрению двухтемповой модели и построению интегрального многообразия медленных движений. Рассмотрены задачи синтеза, в которых управление формируется в зависимости от реализовавшихся значений координат, доступных измерению [1]. В данной работе построены законы управления и рассмотрено поведение однотемповой модели манипулятора при реализации различных регуляторов, а также исследуются манипуляторы с медленными и быстрыми движениями [2, 3].

Уравнения движения для  $n$ -звенного манипулятора имеют вид:

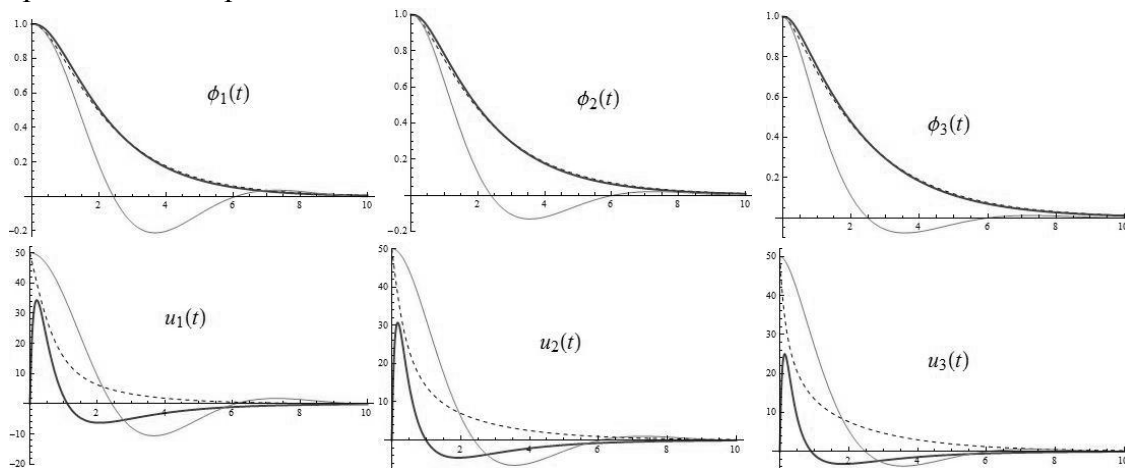
$$\dot{\psi}(t) = T_{\varphi} - \gamma H^{-1}(\varphi)\psi + u, \quad \psi = H(\varphi)\dot{\varphi}, \quad T_{\varphi} = \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}}, \quad \dot{\varphi}(t) = H^{-1}(\varphi)\psi \quad (1)$$

В случае ПД-регулятора управление имеет вид:

$$u = -A\dot{\varphi} - B\varphi \quad (2)$$

С помощью функции Ляпунова, имеющей вид  $V = T + \frac{1}{2}\varphi' B \varphi + \beta \psi' \dot{\varphi}$  было установлено, что решение (1) и (2) асимптотически устойчиво при малых  $\beta > 0$  [1].

Переходные процессы были построены для двухзвенного и трехзвенного манипуляторов при использовании П-,ПД-,ПИД- регуляторов. Пример переходных процессов для трехзвенника



Рассматривались двухзвенный и трехзвенный манипуляторы с очень легкими звеньями, движение которых описываются уравнениями ( $\varepsilon > 0$  -малый параметр)

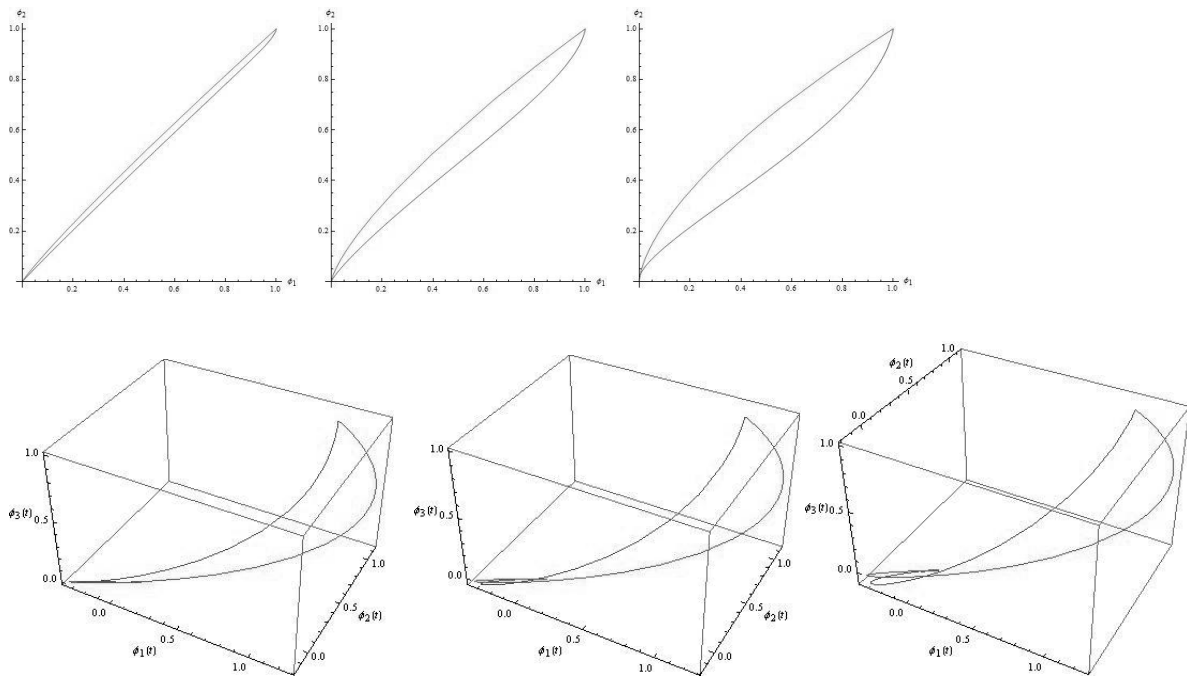
1) Для двухзвенника со всеми легкими звеньями

$$\begin{cases} \varepsilon h_1 \ddot{\phi}_1 + \varepsilon h_3 \ddot{\phi}_2 = -a_1 \dot{\phi}_1 - b_1 \phi_1 + \varepsilon k \dot{\phi}_1 \\ \varepsilon h_3 \ddot{\phi}_1 + \varepsilon h_2 \ddot{\phi}_2 = -a_2 \dot{\phi}_2 - b_2 \phi_2 + \varepsilon k \dot{\phi}_2 \end{cases}$$

2) Для трехзвенника с легким последним звеном

$$\begin{cases} h_1 \ddot{\phi}_1 + h_4 \ddot{\phi}_2 + \varepsilon h_6 \ddot{\phi}_3 = -a_1 \dot{\phi}_1 - b_1 \phi_1 + \varepsilon k \dot{\phi}_1 \\ h_4 \ddot{\phi}_1 + h_2 \ddot{\phi}_2 + \varepsilon h_5 \ddot{\phi}_3 = -a_2 \dot{\phi}_2 - b_2 \phi_2 + \varepsilon k \dot{\phi}_2 \\ \varepsilon h_6 \ddot{\phi}_1 + \varepsilon h_5 \ddot{\phi}_2 + \varepsilon h_3 \ddot{\phi}_3 = -a_3 \dot{\phi}_3 - b_3 \phi_3 + \varepsilon k \dot{\phi}_3 \end{cases}$$

Траектории этих систем сравнивались с траекториями движения на медленном интегральном многообразии [2] и были получены следующие результаты



Установлено, что при одинаковом качестве переходных процессов ПИД-регулятор по сравнению с П-,ПД-регуляторами имеет то преимущество, что в случае его реализации требуемая максимальная величина управляющего момента существенно меньше. Кроме того, были построены траектории медленных движений манипулятора, когда достигается минимум фазовой скорости, то есть наиболее длительные фазовые движения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев В.Н., Колмановский В.Б., Носов В.Р. Математическая теория конструирования систем управления: Учеб. для вузов. – М.: Высш.шк., 2003
2. Воронаева Н.В., Соболев В.А. Геометрическая декомпозиция сингулярно возмущенных систем. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2009.
3. Kokotovic P.V., Khalil H., O'Reily J. Singular perturbation methods in control: analysis and design. – London: Academic Press, 1986.